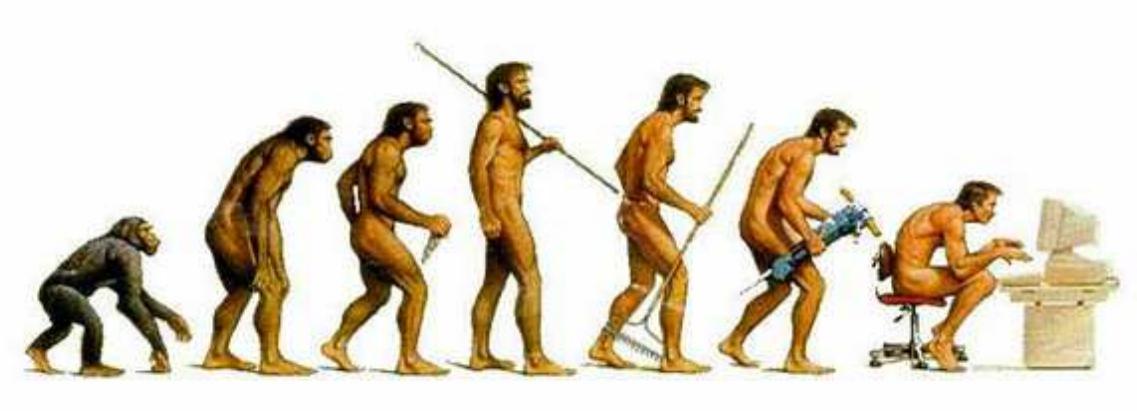
La Recherche, N° 296 | MARS 1997

Genèse et actualité de la théorie de l'évolution



FRANÇOIS JACOB ET ANDRÉ LANGANEY
DIALOGUENT SUR L'HISTOIRE DE L'HISTOIRE
DE LA VIE

L'idée que le monde vivant a une histoire a émergé au XVIIIe siècle, avec Buffon, puis Lamarck. L'idée de la sélection naturelle comme moteur du changement remonte à Darwin et à Wallace. Elle s'est imposée non sans mal, intégrant au passage la découverte des gènes (Mendel), puis celle du code génétique... La théorie moderne de l'évolution a ses problèmes et ses limites, mais sa cohérence est profonde.

André Langaney[1]: L'histoire de la vie et l'évolution des espèces vous tiennent à coeur. Si je dis «histoire de la vie», c'est parce qu'en dehors du monde de la biologie que nous pratiquons on voit parfois s'exprimer des doutes ou des refus de l'évolution. C'est pourtant la théorie unificatrice de la biologie et je ne connais pas de théorie scientifique qui puisse la remplacer. Pour comprendre les réticences du public, il faut comparer l'évolution et les théories d'autres disciplines, en physique par exemple. Pourquoi est-elle moins bien acceptée?

François Jacob[2]: Les théories de la physique sont des théories compliquées que les profanes suivent mal parce qu'il est très difficile d'en traduire les raisonnements mathématiques en mots de tous les jours. Et néanmoins les gens les acceptent. La théorie de l'évolution est beaucoup plus simple à comprendre. Si bien que les gens croient l'avoir comprise alors que bien des éléments leur échappent! C'est une théorie qui, comme la relativité, heurte notre intuition. Notre cerveau a été sélectionné sur des centaines de millions d'années. Il est adapté à la vie courante, à des niveaux moyens de taille, d'espace, de temps, qui ont permis à nos ancêtres de vivre, de sortir de la forêt et de se promener dans la savane. Certains concepts de

[1] ANDRÉ LANGANEY, est professeur au Muséum (musée de l'Homme) et à l'université de Genève.

la théorie de l'évolution ne sont pas en accord avec notre quotidien. Elle concerne des centaines de millions d'années, alors que nous avons l'habitude de penser le temps en décennies: nos grands-parents, nos arrière-grands-parents. Quand on va plus loin, cela devient de l'histoire et c'est déjà plus flou. D'autre part, le concept de hasard fait que les gens croient que tout est sorti de rien. Alors que ce n'est pas du tout ça! L'idée de hasard aussi est compliquée. Enfin, nous fonctionnons par intentions, par desseins: nous projetons de faire telle ou telle chose. Quand nous regardons une pendule, nous savons que quelqu'un a décidé de la construire, a fait des plans après avoir choisi tel modèle. Il nous paraît donc normal de considérer que les animaux que nous rencontrons, ou les humains, sont aussi le résultat d'un projet et d'une intention. C'est cette idée qu'a démolie la théorie de l'évolution. C'est en cela qu'elle s'accorde mal avec notre façon habituelle de penser.

A. Langaney: Vous parlez de « la » théorie de l'évolution, comme si nous, biologistes, avions une théorie consensuelle. Il y a quand même de nombreuses varian-tes. Ensuite, vous avez prononcé le mot histoire. J'avais commencé par l'« histoire de la vie », parce que nous, êtres vivants, savons que nos ancêtres ont eu une histoire. Avant de théoriser, il y a tout simplement des faits. C'est par là que la découverte de l'évolution a commencé. Avant la grande synthèse et les idées sur les mécanismes, il a fallu avoir une histoire avec une échelle de temps, puis mesurer cette échelle de temps qui s'est révélée contradictoire avec ce que l'on pensait avant. Puis il a fallu découvrir des parentés entre les êtres vivants, qui laissaient penser que le paradigme d'alors, la création indépendante des espèces, devait être remis en question.

---

[2] FRANÇOIS JACOB (Institut Pasteur) est prix Nobel de médecine.

F. Jacob: Jusqu'au XVIIIe siècle, il était admis que les êtres vivants étaient les produits d'une création particulière de chaque type d'organismes, l'espèce humaine étant une création indépendante des autres. C'est alors que l'idée de l'histoire du monde vivant a émergé. Ce qui a commencé, c'est la Terre, ainsi que l'a décrit Buffon. Or les dates de l'histoire de la Terre ne correspondaient pas du tout avec celles que lui attribuait la Bible. Il est apparu aussi que le monde vivant n'était pas stable, créé une fois pour toutes. On trouvait des fossiles dans différentes strates de la Terre qui ne correspondaient pas aux mêmes dates d'origine. De là vient l'histoire du monde vivant et de ses transformations. L'idée s'est amplifiée à la fin du XVIIIe siècle, grâce à une série de philosophes et de naturalistes, pour culminer avec Lamarck, qui a proposé, le premier, que tout le monde vivant provenait d'une transformation progressive, allant du simple au compliqué.

A. Langaney: L'établissement de l'échelle de temps doit beaucoup à un principe philosophique, le «principe des causes actuelles»[3] de Buffon. Le dilemme, à l'époque, était d'expliquer des sédiments manifestement marins déposés dans des zones très éloignées des mers. Ces dépôts font des kilomètres d'épaisseur et, au rythme actuel de sédimentation au fond des océans, ils avaient requis des durées bien supérieures aux six mille ans que la Bible accordait à la Terre pour les déposer. Ou bien l'on croyait que la sédimentation avait duré beaucoup plus que les six mille ans bibliques, ou bien il fallait imaginer des mécanismes de dépôt très différents dans le passé. Buffon, grâce au principe des causes actuelles, a proposé une échelle de temps beaucoup plus longue, encore loin de la vérité puisque, dans *Les Epoques de la nature* (1779) , il parlait seulement de soixante-

[3] LE PRINCIPE DES CAUSES ACTUELLES veut que l'explication de l'état du monde

dix mille ans et, ailleurs, de milliers de siècles.

F. Jacob: La difficulté était de trouver un mécanisme, parce que, dans cette histoire, les animaux se transformaient les uns en les autres. Chez Lamarck, il y avait une sorte de poussée générale du simple vers le complexe, qui était une propriété des êtres vivants, mais pas de mécanisme.

A. Langaney: Je reviens sur un point antérieur à Lamarck: la parenté. La première idée qui a permis de parler de transformation des espèces a été d'envisager que des espèces se ressemblant aient une origine commune. C'est le fameux chapitre de l'âne et du cheval dans l'*Histoire naturelle* de Buffon: les deux animaux se ressemblent par tellement de caractères qu'il est difficile de ne pas imaginer qu'ils ont eu un ancêtre commun. S'ils ont eu un ancêtre commun, il a fallu des transformations entre cet ancêtre commun et les deux descendants. Buffon pose le problème pendant une longue page, puis l'élude: la page finit en affirmant que les choses ne se sont pas passées ainsi et que l'Ane et le Cheval ont été créés indépendamment. A son époque, la Révolution française n'était pas encore passée et on ne contestait guère la création indépendante des espèces. Lamarck, après la Révolution, a développé ce schéma qu'il avait déjà proposé avant pour les plantes, au prix de beaucoup d'ennuis... Dans ma lecture de Lamarck, je ne vous suis pas sur l'importance du rôle donné à la « poussée » du simple vers le complexe. Ce n'était qu'une façon de parler de ce qu'il ne comprenait pas. Je crois que Lamarck, malgré ce qu'on lui reproche, n'avait pas de théorie sur les mécanismes.

---

ne fasse pas appel à des phénomènes inobservables ou invérifiés.

F. Jacob: La première étape était d'admettre que les espèces ne sont pas fixes, qu'elles n'ont pas été faites une fois pour toutes et qu'elles ont une origine commune.

A. Langaney: C'est la théorie historique de l'évolution et l'hypothèse de la généalogie commune des espèces proposées par Lamarck en 1800, neuf ans avant la naissance de Charles Darwin...

F. Jacob: La seconde étape était de se demander comment les espèces changeaient, quelle était leur histoire. Le mécanisme était difficile à trouver parce que l'intention semblait aller de soi: dans un être vivant, la plupart des organes semblent faits dans un but précis, pour une fonction évidente: l'estomac pour digérer, les jambes pour marcher ou les ailes pour voler. La difficulté, c'est que si cette intention et ce dessein se décèlent chez l'individu, on ne les retrouve pas pour le monde vivant dans son ensemble. Rien ne permet de penser que les organismes ont été formés les uns après les autres dans un dessein définitif et précis. Ce qui signifie que l'évolution ne semble pas avoir de direction. Il fallait donc trouver une mécanique expliquant pourquoi les oiseaux ont des ailes, ceux qui marchent des pattes et les poissons des nageoires, sans qu'il y ait, derrière, une intention semblable à celles dont notre cerveau a l'habitude. Les idées de Darwin et aussi d'Alfred Wallace, qui a fait les mêmes constatations et hypothèses à la même époque, sont relativement simples. Leur grande importance vient de ce qu'ils ont pu montrer que des mécanismes simples peuvent simuler une intention. Cela marche si les caractères des organismes varient, si ces variations sont héréditaires et si, dans l'interaction des milieux et des organismes, la reproduction est tirée dans un sens ou un autre. Tout cela s'appelle la sélection et peut à peu près expliquer pourquoi les oiseaux ont

des ailes et les poissons des nageoires.

A. Langaney: Darwin dit que les variations individuelles qui survivent et se reproduisent le plus vont diffuser dans la population: c'est le principe de la sélection naturelle. Mais il ne connaît pas le mécanisme de transmission de ces fameuses variations. Comment va-t-on arriver de ce savoir du milieu du siècle dernier aux propositions actuelles?

F. Jacob: A l'époque de Darwin, on ne sait pas comment se transmettent les caractères. Il y a souvent l'idée de mélanges entre les caractères du père et ceux de la mère, bref, on ne sait pas grand-chose! C'est peu après la publication de Darwin que Mendel, cultivant des pois dans le monastère de Brno, comprend comment fonctionne l'hérédité: les caractères que l'on voit sont gouvernés par des choses que l'on ne voit pas, des particules internes qui s'appelleront plus tard des gènes. Sur le moment, personne ne s'occupe de ce que trouve Mendel, mais les problèmes d'hérédité et de génétique sont repris au début de ce siècle. Grâce aux études sur les plantes et sur la drosophile, on comprend qu'il existe, pour chaque caractère que l'on voit, un gène que l'on ne voit pas mais dont on peut estimer l'état. On montre que ces gènes sont installés sur les chromosomes et qu'il y a un ballet des chromosomes. On comprend comment les caractères des organismes supérieurs sont gouvernés par les gènes et comment les gènes se distribuent et se recombinent au cours des générations. C'est la « génétique classique ».

A. Langaney: Cela ne s'est pas fait sans difficulté, en particulier parce que le dogme de l'hérédité de l'acquis a dû être éliminé.

F. Jacob: Le principe de la génétique c'est que les variations des

gènes, les mutations, se font au hasard, par « accident ». Ce qui ne veut pas dire qu'elles n'ont pas de cause. Elles ont une cause chimique, ou physique par des radiations. Le hasard, ici, veut dire que l'action, de rayons X par exemple, n'a rien à voir avec l'effet final qu'elle produit sur l'organisme. Son résultat n'est ni intentionnel, ni prévisible. Autrement dit, des gènes se modifient et changent certains caractères dans l'organisme. C'est ce qui va permettre de faire rentrer le mendélisme dans le darwinisme, la génétique dans la théorie de l'évolution. Cela aboutira, au milieu de ce siècle, à ce que l'on appelle le néodarwinisme.

A. Langaney: Ce mélange de darwinisme et mendélisme a été baptisé « la théorie synthétique de l'évolution », un peu comme si l'on avait tout compris! Avait-on vraiment tout compris?

F. Jacob: Non, et on n'aura jamais tout compris! Une théorie scientifique, c'est une construction abstraite des chercheurs pour mettre en place les résultats qu'ils ont obtenus et avoir une représentation de certains aspects de la réalité. Avec le temps, des notions et des informations nouvelles apparaissent et ces données nouvelles modifient souvent, plus ou moins, la théorie qui existait avant. Le milieu de ce siècle essaie d'intégrer darwinisme et mendélisme, c'est-à-dire la théorie de l'évolution d'un côté, et la théorie des gènes de l'autre... Pendant la guerre, on arrive à une théorie qui rend compte d'un certain nombre de choses, mais qui rencontre beaucoup de difficultés. Les variations se faisaient par des mutations simples, très rares, et on ne comprenait pas comment celles-ci pouvaient faire varier des organismes, faire apparaître des organes nouveaux et des fonctions nouvelles. Pour Darwin, la variation, et pour les généticiens du milieu du siècle, les mutations, affectaient très légèrement les caractères: l'évolution se faisait petit à petit...

A. Langaney: C'est la théorie du gradualisme, autrement dit, « la nature ne fait pas de saut[4]».

F. Jacob: A ce moment-là, un des obstacles était qu'il manquait des fossiles pour reconstituer certaines lignées, il y avait des trous, des « chaînons manquants » dans l'évolution. Récemment, des chercheurs, aux Etats-Unis, ont proposé un autre type de théories disant que, de temps en temps, certaines mutations pouvaient être beaucoup plus importantes dans leurs effets. Les espèces pouvaient rester longtemps sans évoluer, puis brusquement changer et donner naissance à des espèces nouvelles. Cela s'appelle la ponctuation[5].

A. Langaney: Précisons qu'il n'y a pas, bien sûr, de discontinuité entre les espèces mais que ces sauts, au niveau du temps, auraient été assez rapides pour ne pas laisser de traces dans les fossiles. Somme toute, on a éliminé la difficulté: on n'avait pas de chaînons manquants et l'on trouve une bonne raison pour qu'il n'y en ait pas!

F. Jacob: On a supprimé le chaînon manquant, mais des modifications de ce genre sont parfaitement concevables avec les propriétés du matériel génétique connues aujourd'hui. Il y a des discussions actuelles sur les proportions: combien de gradualisme et combien de ponctuations? C'est une affaire de spécialistes. Un autre aspect est aussi en discussion: les mutations se font au hasard et la sélection naturelle tire dans un sens.

---

[4] LA NATURE NE FAIT PAS DE SAUT La formule est de Leibniz. Dans sa Monadologie (1712) il écrit: « Toute chose va par degré dans la nature, rien ne procède par saut et cette règle présidant au changement fait partie de ma loi de continuité ».

[5] PONCTUATIONS En fait, les ponctuations sont définies en paléontologie comme des transitions en apparence brusques entre des espèces voisines. Les macro-mutations n'en expliquent sans doute qu'une partie.

A. Langaney: Comment la sélection naturelle qui, contrairement à la sélection artificielle, n'a en principe pas de sélectionneur connu, peut-elle tirer dans une direction?

F. Jacob: L'idée, c'est que se reproduisent mieux ceux qui sont plus adaptés à une certaine région écologique. De nouveaux variants s'y reproduisent plus que les autres et, peu à peu, occupent l'ensemble de la niche et forment l'essentiel de la population. Par l'accumulation successive de variations, on tire l'ensemble des formes et des propriétés de l'organisme dans une certaine direction, sans sélectionneur. C'est une sélection automatique. Mais à côté de ce mécanisme de sélection, il existe aussi des facteurs de hasard qui semblent jouer un rôle important. Là encore, c'est une question de proportions. Combien de hasard et combien de sélection?

A. Langaney: Quels sont les caractères pour lesquels la sélection joue davantage et ceux pour lesquels le hasard compte plus?

F. Jacob: La sélection est plus importante pour les fonctions fondamentales. Par exemple, les propriétés d'une protéine qui a un rôle dans le transport de l'oxygène ou comme enzyme dans les réactions de base de la cellule. Ces fonctions, une fois qu'elles sont là, ne peuvent guère varier.

A. Langaney: Il n'y a pas de fantaisie sur les mécanismes fondamentaux!

F. Jacob: En revanche, la forme des ailes, du bec, la taille de l'oeil, peuvent se permettre des variations sur le même thème. Quand des oiseaux

arrivent dans les îles Galapagos chères à Darwin, une espèce nouvelle va être fondée dans une île par un petit groupe qui a des caractéristiques génétiques un peu différentes de celui qui va dans une autre île. Il y a une fondation d'espèces nouvelles, mais qui se fait au hasard. La population d'une île a une structure génétique qui dépend de celle des oiseaux «fondateurs».

A. Langaney: N'est-on pas en train de généraliser comme si les mécanismes étaient les mêmes pour tous les groupes d'êtres vivants? Quand on regarde la nature, la diversité des êtres dans les populations de plantes ou d'animaux est très variable. Il y a bien des espèces dans lesquelles tous les animaux ont l'air faits sur un modèle uniforme. En général, ce sont celles qui sont très nombreuses. S'il y a très peu de survivants dans la reproduction, il peut y avoir une sélection très intense qui élimine tous ceux qui ne correspondent pas au « type adapté » à ces conditions difficiles. Celui-ci représente une relative « optimisation » de l'organisme. Mais il y a aussi les espèces peu nombreuses (grands oiseaux ou mammifères, grands singes et premiers humains) avec une proportion de survie de ceux qui naissent trop forte pour que la sélection puisse conduire à des adaptations très poussées, à des optimisations des caractères. Les variations individuelles sont alors aléatoires et plus fortes.

F. Jacob: Je voudrais arriver à l'étape suivante et parler d'un nouveau type de biologie, apparu au milieu du siècle comme résultat de recherches faites aussi bien par des biologistes que par des microbiologistes et par des physiciens. Ils se sont attaqués à l'étude des molécules impliquées dans la génétique, les molécules de l'hérédité. Le principe dont sont partis ces chercheurs était que les propriétés étonnantes des êtres

vivants, pour lesquelles on invoquait, il n'y a pas si longtemps, une force vitale, sont dues à la structure et aux propriétés des molécules qui les constituent. Conduite en particulier sur les microbes, sur les bactéries, cette biologie moléculaire, qui s'est imposée face à une biologie naturaliste souvent hostile, a montré que la molécule de l'hérédité était le fameux acide désoxyribonucléique et que les propriétés de cette molécule expliquaient les mutations, les recombinaisons et surtout la reproduction à l'identique des structures.

A. Langaney: En même temps, c'était la meilleure confirmation possible du transformisme et de l'évolutionnisme, de Lamarck à Darwin, puisque s'il n'y a, pour l'ensemble du monde vivant, qu'un seul type de molécule de l'hérédité, c'est une présomption très forte d'une communauté d'origine. C'est pour cela qu'à l'heure actuelle on peut dire que la biologie moléculaire et certains aspects de la biologie moléculaire du développement démontrent cette origine commune. Ou bien un créateur totalement dépourvu d'imagination a bâti tous les êtres vivants sur le même modèle (il aurait pu en créer sur une chimie du silicium au lieu du carbone, ou je ne sais quoi d'autre!) ou bien il y a une histoire de la vie qui a commencé et s'est toujours continuée sur les mêmes principes chimiques de base.

F. Jacob: Tout ce qui avait été fait jusqu'à cette époque-là depuis Darwin et ce que l'on a appelé le néodarwinisme reposait uniquement sur la forme des organismes, leur parenté, la paléontologie et sur certaines similitudes des embryons. Car on avait trouvé que, très souvent, les embryons se ressemblent beaucoup entre des espèces qui, adultes, sont très différentes. La biologie moléculaire, qui analysait la structure même des molécules, a consolidé ces connaissances à un point inimaginable, en

particulier la parenté de toutes ces espèces. On trouve certaines molécules de protéines qui sont exactement les mêmes chez le pois et chez l'homme. Certaines histones, par exemple, des protéines des chromosomes, ne diffèrent que par un acide aminé sur deux cents.

A. Langaney: Mendel et son petit pois étaient donc cousins!

F. Jacob: Certaines molécules sont exactement les mêmes et d'autres pas. Ces dernières varient lentement au cours du temps et on peut repérer des variations qui se sont faites régulièrement sur des centaines de millions d'années. Les organismes dont la structure des molécules est la plus proche peuvent être considérés comme les plus voisins. En analysant le détail de la structure des protéines ou des acides nucléiques, on peut ainsi retracer l'arbre de l'évolution. On retrouve alors un arbre très voisin de ce que les paléontologistes et les zoologistes avaient établi.

A. Langaney: C'est la plus belle confirmation possible de l'évolution, puisqu'on arrive, par des voies indépendantes, à des classifications presque identiques des êtres vivants. Ici ou là, il y a une petite divergence, surtout pour les espèces séparées depuis peu (on sait que la théorie des « horloges moléculaires » n'est pas précise pour les « courtes durées », soit moins de dix millions d'années... alors qu'elle l'est beaucoup plus pour les longues durées, dizaines ou des centaines de millions d'années). Ces découvertes font qu'à l'heure actuelle il est pratiquement impossible de contester la réalité de cette histoire de la vie. Par contre, on discute beaucoup des mécanismes...

F. Jacob: On a trouvé d'autres aspects très intéressants. Ces grosses molécules que sont les protéines et les acides nucléiques sont faites par des

modules, des petits éléments, qui sont toujours les mêmes. Comme les molécules sont faites d'atomes, les molécules de protéines sont faites de segments de trente à cinquante acides aminés, dont chacun a une fonction précise, et qui sont réunis et combinés de façon très variée. Tous les organismes sont faits plus ou moins des mêmes molécules, combinées et recombinées. On a souvent comparé le travail de l'évolution à celui d'un ingénieur, mais il ressemble beaucoup plus à celui d'un bricoleur. Elle utilise de vieilles structures pour en faire des nouvelles, prend le rideau de la grand-mère pour faire la jupe de la petite-fille, ou une caisse à savon pour faire une boîte de radio...

A. Langaney: Vous décriviez la sélection sans sélectionneur. Nous voilà devant du bricolage sans bricoleur?

F. Jacob: Oui, mais on a aussi appris la variété des mécanismes de variation. Jusque vers le milieu du siècle, on ne connaissait que des mutations simples, ou de petits remaniements chromosomiques, ce qui rendait difficile la compréhension d'une évolution vers des organes nouveaux et des fonctions nouvelles...

A. Langaney: Que dire de l'exemple concret d'un organe comme l'oeil?

F. Jacob: L'oeil est un organe très compliqué et l'un des arguments favoris des adversaires de l'évolution est de dire: « L *'oeil n'a pas pu être fait au hasard. L'oeil, c'est comme une montre. Pour la montre, il faut un horloger, pour l'oeil il faut un créateur.»* Effectivement, avec des mutations simples changeant les protéines acide aminé par acide aminé, il faudrait des temps dépassant les délais de l'évolution pour produire un oeil.

Mais on a découvert des mécanismes génétiques très différents et beaucoup plus rapides. En particulier, des éléments qui coupent les chromosomes, qui les collent, qui prennent un segment ici et le remettent là. Un module de protéine est pris ici, un autre là et ils sont mis ensemble. Voilà ce que j'appelle le bricolage. Des mécanismes génétiques connus permettent de le faire et, du coup, l'oeil n'est plus hors de portée des centaines de millions d'années disponibles. D'autant que l'on vient de montrer que tous les yeux quelles que soient leur forme et leur optique sont sous-tendus par le même système génétique. Ce sont les mêmes gènes qui mettent en place l'oeil à facettes des insectes ou l'oeil à cristallin des vertébrés ou des mollusques. Là encore, à partir d'un même fond génétique les structures finales sont bricolées pour s'adapter à des organismes très différents[6].

A. Langaney: Les embryons sont souvent semblables entre espèces différentes, mais tout embryon part d'un oeuf. Comment des oeufs semblables dans toutes les espèces, de mammifères par exemple, produisent-ils des êtres aussi différents qu'un kangourou, un cochon ou un humain?

F. Jacob: C'est l'un des mystères les plus fantastiques de la biologie et l'histoire la plus extraordinaire qui se passe sur cette Terre! Pendant longtemps, on n'a su que regarder ce qui se passait. Ou prendre des morceaux ici et les mettre là, mais c'était difficile à analyser. Grâce à la biologie moléculaire, on commence à comprendre comment ça fonctionne. En quelques années, des progrès stupéfiants ont été faits sur les mouches, l'objet de prédilection des généticiens. Morgan, qui a inventé la mouche comme objet d'étude génétique, était embryologiste. L'hérédité gouverne le développement de l'embryon puisque la reproduction des éléphants donne

[6] W. Gehring, « De la mouche à l'homme, un même supergène pour l'oeil », *La*

toujours un éléphant, celle des humains un humain, et celle des lapins un lapin. Morgan voulait comprendre comment fonctionne l'hérédité et a choisi la drosophile, une petite mouche très facile à manipuler. Il a obtenu des quantités de mutations et compris ainsi le rôle des chromosomes. On a trouvé des mouches mutantes extraordinaires qui avaient quatre ailes au lieu de deux. D'autres, sur la tête, avaient une patte à la place d'une antenne. Ces mutations venaient donc perturber le développement de l'embryon. Cela a été analysé en détail depuis quinze ans grâce à la biologie moléculaire. Il y a toute une série de gènes qui mettent en place le plan de l'embryon de mouche, qui installent l'axe antéro-postérieur et l'axe dorso-ventral. Ensuite, le corps de la mouche se découpe en anneaux et des gènes précisent: « Ici sera le thorax, là une patte, la tête, ou un oeil... ». Parfois un gène mute et ne détermine plus des ailes, mettant des pattes à la place, ou bien met une patte sur la tête. On a trouvé les gènes en cause chez la mouche. On s'est demandé alors si de tels gènes existaient chez des organismes plus compliqués. On les a trouvés chez tous les animaux, chez la souris, chez l'homme. On a appris ainsi cette chose stupéfiante: ce sont les mêmes gènes qui mettent en place le corps d'une mouche et celui d'un humain! Si on nous l'avait dit il y a dix ans, personne ne l'aurait cru...

A. Langaney: Cela prouve l'unité d'origine de tous ces animaux!

F. Jacob: Bien sûr! Mais on comprend aussi que les mutations ne font pas que des petites variations: mettre une patte dans l'oeil ou des ailes en trop, ce sont de très gros changements, des ponctuations.

A. Langaney: N'est-ce pas ce que Richard Goldschmidt avait appelé des «monstres prometteurs» entre les deux guerres

---

Recherche d'octobre 1995.

mondiales? Si le pauvre Darwin sait cela, il doit se retourner dans sa tombe: c'est le contraire du gradualisme!

F. Jacob: C'est opposé au gradualisme. Mais cela lui donnerait quand même des satisfactions de constater cette extraor-dinaire persistance des mêmes gènes. Une fois que certaines solutions ont été trouvées dans la nature, elle s'y tient et brode autour. C'est le bricolage, une fois de plus! La nature est conservatrice, mais elle fait aussi pas mal de changements. Elle conserve ce qu'il y a derrière, ce qu'on ne voit pas mais, en surface, elle fabrique tous les possibles.

A. Langaney: A vous écouter, on a l'impression que les principaux mystères sont élucidés! Pourtant, il y a plein de choses que l'on ne comprend ou que l'on ne connaît pas.

F. Jacob: Certes. Par exemple, l'origine de la vie. On ne comprend pas comment ont pu se former les premiers organismes, les protobactéries. Comment a pu démarrer la reproduction, avec toute sa complexité chimique. On a des hypothèses. Mais je ne suis pas sûr que l'on pourra jamais arriver à les démontrer ou à les réfuter expérimentalement. De même, on ne comprend pas l'explosion cambrienne, l'apparition des divers plans d'organismes en quelques millions d'années, il y a 600 millions d'années. Et tant que l'on ne comprendra pas cela, on ne comprendra pas vraiment l'évolution.

A. Langaney: Revenons à notre point de départ: malgré ces inconnues, comment peut-on encore s'opposer au principe même de l'évolution, de l'histoire de la vie, de la transformation et de la parenté des espèces?

F. Jacob: La théorie de l'évolution décrit les origines du monde vivant et des humains alors que, dans chaque culture, des mythes décrivent les origines. L'un des dangers qui guettent la théorie de l'évolution c'est d'être traitée comme un mythe. C'est une théorie scientifique qui ne doit pas quitter son statut. Certains aimeraient supprimer les autres mythes et les remplacer par celui-là. C'est une erreur parce qu'une théorie scientifique peut varier. Un mythe raconte les origines et est re-pris de génération en génération sans être modifié. En même temps, le mythe sécrète une échelle de valeurs, ce que vous ne trouvez pas dans la théorie de l'évolution. Dans l'origine, dans la soupe primordiale ou dans toutes les variations, vous n'avez aucune raison de trouver des valeurs.

A. Langaney: N'est-ce pas cela qui déçoit le commun des mortels? Il s'attend, si on lui donne une théorie sur les origines, à ce que cette théorie fournisse aussi le mode d'emploi de ce que nous sommes.

F. Jacob: Elle explique ce que nous sommes, mais sans dire ce que nous devons faire et pourquoi nous devons le faire! Ce n'est pas conforme au statut des mythes. La théorie de l'évolution ne doit donc pas être traitée comme un mythe, mais comme une théorie scientifique.

A. Langaney: Vous donnez l'impression d'avoir une théorie tout à fait cohérente sur l'histoire de la vie, une théorie prouvée, dans laquelle on peut discuter les modalités, mais où les grandes lignes sont fixées. C'est le point de vue actuel de la communauté des biologistes. Comment, en dehors d'elle, certains milieux s'opposent-ils à la notion de sélection naturelle, ou même à celles d'histoire de la vie et d'évolution?

F. Jacob: Pour les biologistes la théorie est cohérente. Elle sera modifiée dans certains aspects, comme elle l'a souvent été, mais l'essentiel tient la route. Les oppositions sont de trois natures assez différentes. Une première catégorie d'opposants refuse que la théorie puisse rendre compte des origines du monde vivant et de l'homme. Dans toutes les cultures, des mythes décrivent les origines du monde, du monde vivant et de l'homme, donnent à ce dernier sa place dans la nature, et, en même temps, une échelle de valeurs. Ce qui n'est pas le cas dans la théorie de l'évolution. Certains considèrent que leurs mythes restent valables, que rien ne pourra les détruire: ce sont les intégristes de toutes les religions.

A. Langaney: Vous parlez de mythes, mais pour eux ce n'en est pas un du tout. Ce sont des dogmes, base de leur religion révélée, des vérités supérieures qui n'ont pas à être confrontées avec l'expérience. Et là nous avons une divergence totale entre ces fondamentalistes et les scientifiques qui veulent que toute proposition soit soumise à l'expérience et vérifiée si possible.

F. Jacob: Absolument. Le dialogue est impossible. Ils rejettent purement et simplement la théorie de l'évolution. Les opposants de la deuxième catégorie admettent le principe de la théorie, c'est-à-dire le changement et la transformation des espèces, mais n'aiment pas du tout la mécanique proposée par Darwin, c'est-à-dire la sélection naturelle. Certains n'ont pas bien compris, en particulier le rôle du hasard. Ils croient que l'on affirme qu'un oeil se fait par hasard, du jour au lendemain, alors qu'il a fallu des centaines de millions d'années pour faire l'oeil des vertébrés... D'autres estiment que «les calculs» (lesquels?) ne permettent pas la construction d'organismes complexes en trois milliards et demi d'années. Enfin, certains n'aiment pas la sélection naturelle parce qu'elle a été utilisée par des

philosophes comme Spencer pour essayer de rendre compte de l'état des sociétés. Spencer a essayé de plaquer l'évolution des sociétés sur l'évolution biologique et d'affirmer que, dans la société, ceux qui réussissent, qui sont riches, qui ont de l'argent, qui sont beaux, ne sont que le juste produit de la sélection.

A. Langaney: Expliquer l'évolution culturelle en termes de sélection naturelle, c'est ce que font encore aujourd'hui des sociobiologistes, avec des arguments très faibles. Donc, même dans le monde de la biologie il y a des extrémistes darwinistes qui sont quasiment des fondamentalistes...

F. Jacob: Exactement! Et puis il faut ajouter une dernière catégorie d'opposants, composée de ceux qui aiment voir manger le dompteur, évolutionniste moyen ou darwiniste standard... Là, il faut répéter une fois de plus qu'une théorie scientifique n'est pas un dogme. Elle est modifiable à tout moment sur des données ou des faits nouveaux. On est alors conduit à rejeter toute la théorie, et à en trouver une autre, ou bien à en modifier certains aspects. C'est ce qui se passe quand, alors que Darwin estimait que tout se faisait de façon graduée, certains proposent des modifications par sauts, beaucoup plus rapides... Il est probable que les deux mécanismes jouent, que certains moments de l'évolution sont gradués et que d'autres, ponctués, se font par sauts. Un autre aspect, discuté depuis vingt ans, concerne le poids relatif de la sélection. Des chercheurs ont montré que certaines mutations sont sélectionnées et que d'autres, neutres, ne doivent leur maintien qu'au hasard. Ainsi, l'état génétique d'un organisme est en partie dû au hasard et en partie dû à la sélection naturelle. Il y a des discussions sur le dosage des deux. Mais rien de tout cela ne conduit à rejeter la théorie. Pratiquement tous les biologistes s'entendent sur ses très

grandes lignes.

A. Langaney: En conclusion, je voudrais jouer le rôle du diable et vous poser une ultime question: que répondre à quelqu'un qui dirait: *«Tout ce que vous racontez, je l'admets volontiers, c'est prouvé expérimentalement. Malgré les trous, votre théorie est cohérente. Mais cette histoire de la vie est due à un créateur qui a juste inventé les mécanismes et tout mis en route»?*

F. Jacob: Là, on revient au problème de l'existence de Dieu, qui a beaucoup occupé nos aïeux. C'est une question qui ne relève pas de la science. On ne prouvera jamais que Dieu existe ou n'existe pas. C'est une question de goût..

BIBLIOGRAPHIE

Buffon, *Les Époques de la nature*, 1779, Muséum national d'histoire naturelle, 1977.

Lamarck, *La Philosophie zoologique*, 1809, Flammarion, 1994.

Ch. Darwin, *L'Origine des espèces*, 1859, Garnier-Flammarion, Paris, 1992.

F. Jacob, *Le Jeu des possibles*, Fayard, Paris, 1981; LGF collection Le Livre de Poche, 1986.

M. Kimura, *La Théorie neutraliste de l'évolution moléculaire*, 1983, Flammarion, Paris, 1990.

J. Maynard-Smith et E. Szathmary, *The Major Transitions in Evolution*, Freeman, Oxford, 1995.

Stephen Jay Gould, *Le Pouce du panda*, Grasset, Paris, 1982.